



# CNME 2014



9º congresso nacional de mecânica experimental  
Universidade de Aveiro 15-17 outubro 2014

ARTIGOS

AUTORES

ISBN: 978-989-95695-6-0



[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**104:** *Estabilidade dimensional das madeiras de pinho, freixo, castanho e carvalho na presença de água*  
D. Ferreira, E. Fonseca, C. Pinto, P. Borges

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**107:** *Dispositivo para investigação da resposta pupilar: considerações experimentais*  
C. Bim, J. Canestri, M. Stófel, H. Oliva, R. Guimarães, M. Pinotti

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**108:** *Formulação de caldas à base de cal para injeção de alvenaria antiga*  
E. Luso, P. Lourenço

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**109:** *Estudo da influência do adjuvante no desempenho de caldas fluidas à base de cal*  
E. Luso, A. Monteiro

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**110:** *Monitorização e avaliação do comportamento de parafusos pré-esforçados BobTail®*  
R. Matos, C. Rebelo

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**112:** *Colapso de pavimento elevado num edifício habitado: Causas e medidas de segurança imediatas*  
F. Pinho

[RESUMO](#)

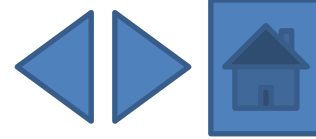
[ARTIGO](#)

**113:** *Amplificador mecânico de deformação*  
D. Caseiro, S. Santos, C. Ferreira

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**114:** *Avaliação da temperatura na broca e no osso durante a furação, metodologia experimental e clínica*  
C. Sampaio, E. Fonseca, R. Cerqueira



[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**115:** *Metodologia para avaliar o efeito da temperatura em tecidos ósseos*  
C. Sampaio, E. Fonseca, L. Barreira, J. Meireles

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**117:** *Validação numérica de lajes celulares em madeira com perfurações ao fogo*  
J. Meireles, E. Fonseca, P. Piloto, H. Santos, L. Barreira

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**118:** *Estudo dos efeitos da delaminação em compósitos de matriz polimérica*  
O. Andrade, L. Durão

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**119:** *Estudo e caracterização de espécies portuguesas de madeira termicamente modificada*  
J.C. Costa, J. Branco, A. Camões

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**120:** *Estudo preliminar das propriedades físicas dos implantes mamários*  
N. Ramião, P. Martins, A. A. Fernandes, M. Barroso, D. Santos

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**122:** *O papel dos efeitos locais e das características da fonte na resposta sísmica de estruturas afetadas por sismos nos Açores*  
J. Estêvão, A. Carvalho

[RESUMO](#)

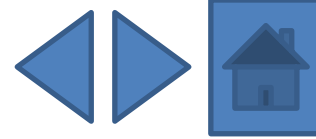
[ARTIGO](#)

**123:** *Verificação experimental do nível de precisão do método dos elementos de fibras de contacto*  
J. Estêvão, A. Carreira

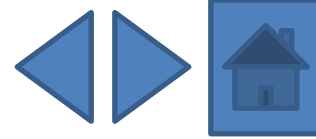
[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

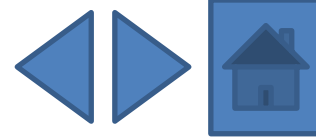
**124:** *Evaluation main stress point of an oronasal interface for noninvasive ventilation*  
L.S. Barros, R. Correa, M. Drummond, J. Gabriel, R. Natal



- |                               |                               |   |
|-------------------------------|-------------------------------|---|
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>125:</b> <i>Avaliação experimental do comportamento ao fogo de lajes celulares em madeira com diferentes perfurações</i><br>J. Meireles, P. Piloto, E. Fonseca, H. Santos, L. Barreira |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>126:</b> <i>Análise experimental do desempenho de um turbocompressor em condições reais de operação</i><br>A. Almeida, N. Pires, H. Santos, N. Martinho, J. Pereira                    |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>128:</b> <i>Termografia e cicatrização de feridas cutâneas</i><br>M. Chaves, A. Freire, R. Andrade, M. Pinotti   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>130:</b> <i>Estudo experimental e calibração numérica de ligações metálicas entre vigas I e colunas tubulares</i><br>L. Magalhães, C. Rebelo, S. Jordão                                |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>134:</b> <i>Avaliação térmica da furação no osso cortical com e sem irrigação</i><br>M. Fernandes, M. Vaz, R. Natal, E. Fonseca  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>135:</b> <i>Modelo 3D para análise térmica durante o processo de furação do osso cortical</i><br>M. Fernandes, E. Fonseca, R. Natal  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>136:</b> <i>Estudo do processo de quinagem para aplicação prática em programação CNC de quinadoras</i><br>R. Amaral, A. Santos, J. Bessa Pacheco, S. Miranda                           |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>138:</b> <i>Desenvolvimento de uma plataforma de força para análise quantitativa do equilíbrio postural</i><br>S.F. Santos, J. Canestri, R. Guimarães, M. Pinotti                      |



<a href="#"><u>RESUMO</u></a>	<a href="#"><u>ARTIGO</u></a>	<b>139:</b> <i>Sistema experimental para caracterização de materiais com o ensaio de expansão</i> H. Campos, A. Santos, B. Martins, J. Bessa Pacheco
<a href="#"><u>RESUMO</u></a>	<a href="#"><u>ARTIGO</u></a>	<b>146:</b> <i>An experimental framework for the support of multi-physics simulation models of aerial lime for historic masonry structures</i> M. Oliveira, A. Meneghini, M. Azenha, P. Lourenço
<a href="#"><u>RESUMO</u></a>	<a href="#"><u>ARTIGO</u></a>	<b>148:</b> <i>Determinação das propriedades físicas da parede do colmo do bambu</i> M.A. Smits, V. Pizzol, E. Carrasco
<a href="#"><u>RESUMO</u></a>	<a href="#"><u>ARTIGO</u></a>	<b>151:</b> <i>Estimativa da densidade e dureza Janka de madeiras tropicais por meio do método de penetração</i> R.C. Alves, M.A. Smits, E. Carrasco
<a href="#"><u>RESUMO</u></a>	<a href="#"><u>ARTIGO</u></a>	<b>152:</b> <i>Instrumentação das pás directrizes da turbina Wells da central de ondas da Ilha do Pico</i> M. Vieira, A. Ribeiro, A. Sarmento, L. Reis
<a href="#"><u>RESUMO</u></a>	<a href="#"><u>ARTIGO</u></a>	<b>153:</b> <i>Ancoragens de pré-esforço por aderência - exploração de uma solução</i> H. Fernandes, V. Lúcio, D. Faria
<a href="#"><u>RESUMO</u></a>	<a href="#"><u>ARTIGO</u></a>	<b>154:</b> <i>Comportamento mecânico da liga de magnésio AZ31B sob carregamento multiaxial</i> H. Videira, V. Anes, R. Cláudio, M. Freitas, L. Reis
<a href="#"><u>RESUMO</u></a>	<a href="#"><u>ARTIGO</u></a>	<b>155:</b> <i>Vigas lintel para estruturas de alvenaria e aplicação em caso de estudo</i> J.P. Gouveia, G. Vasconcelos, P. Bernardino, P. Costa, P. Lourenço



[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**156:** *Determinação da rigidez de uma areia com recurso a bender elements e acelerómetros: princípio de medição e aplicações*

C. Pereira, A. Correia, C. Ferreira, N. Araújo

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**158:** *Dispositivo experimental para caracterização do comportamento viscoelástico do betão sob a ação da retração restringida*

L. Leitão, R. Faria, L. Teixeira, M. Azenha

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**159:** *Streamlining field inspections for infrastructures life-cycle management*

B. Gonçalves, J. Matos, P. Lourenço, P. Gonçalves

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**161:** *Mechanical characterization of traditional timber connections: experimental results*

E. Poletti, G. Vasconcelos, J. Branco, A. Koukouviki

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**163:** *The bone tissue remodelling analysis using meshless methods: a femoral implant study*

J. Belinha, L. Dinis, R. Natal

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**165:** *Revestimentos PVD em microcavidades para moldação por injeção*

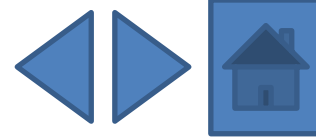
B. Mestre, V. Neto

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

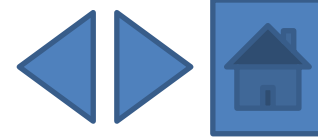
**167:** *Comportamento à fadiga de aços estruturais. Comparação de resultados de deformação-viga e taxas de propagação de fendas de fadiga*

D. Carvalho, A. Silva, A. Jesus, A. A. Fernandes

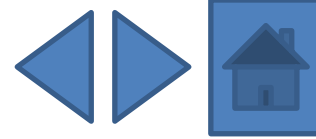


- |                               |                               |  |
|-------------------------------|-------------------------------|--|
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>168:</b> <i>Comportamento experimental de configurações inovadoras de ligações de emenda em perfis tubulares</i><br>R. Simões, S. Jordão, J. Silva  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>170:</b> <i>Aplicação de filmes de diamante nanocristalino como camada protetora em células fotovoltaicas</i><br>R.N. Simões, V. Neto   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>171:</b> <i>Estudo de tolerância de dano num componente ferroviário de aço vazado ASTM148-90-60</i><br>T. Morgado   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>172:</b> <i>Correlação entre ensaios com câmara termográfica e resistógrafo na avaliação da integridade de vigas antigas de madeira</i><br>J.T. Pinto, V. Cunha, A. Arêde, J. Miranda Guedes, S. Cunha, A. Feio, H. Varum |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>173:</b> <i>Influência de revestimentos de nanodiamante no fluxo polimérico em microinjeção</i><br>C. Santos, M. Oliveira, T. Zhiltsova, V. Neto  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>174:</b> <i>Paredes de alvenaria de pedra de folha única: caracterização geométrica e comportamento estrutural</i><br>C. Almeida, J. P. Guedes, A. Arêde, A. Costa  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>175:</b> <i>Avaliação experimental do comportamento de T-stubs sujeitos a ações de impacto</i><br>P. Barata, A. Santiago, C. Rigueiro, J.P. Rodrigues   |

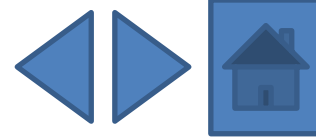




- |                               |                               |   |
|-------------------------------|-------------------------------|---|
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>176:</b> <i>Vibração de uma viga elástica com grandes amplitudes</i><br>F. Queirós de Melo, M. Vaz, P. Rebelo, R. Moreira  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>177:</b> <i>Perfis IPE ao fogo: método da capacitância global versus modelo computacional</i><br>E. Fonseca, D. Ferreira, L. Barreira  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>178:</b> <i>Forqueta de bicicleta em fibra de carbono com fibras piezoelétricas</i><br>M. Frade, R. Ruben, C. Capela   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>179:</b> <i>Caracterização dinâmica de estruturas à escala real produzidas com agregados grossos reciclados de betão</i><br>J. Pacheco, J. Brito, J. Ferreira, D. Soares   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>180:</b> <i>Caraterização de poliuretanos com memória de forma reforçados com nanotubos de carbono para controlo ativo</i><br>M. Fonseca, B. Silva, L. Ferreira, J. Amaral, M.S. Oliveira, R. Moreira  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>181:</b> <i>Utilização de redes de Bragg em fibras óticas para caracterização da memória de forma de poliuretanos reforçados com nanotubos de carbono</i><br>M. Fonseca, N. Alberto, B. Silva, V. Neto, R. Nogueira, M.S. Oliveira, R. Moreira |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>182:</b> <i>Análise termomecânica de perfis enformados a frio</i><br>L. Mesquita, M. Mendonça, R. Ramos, L. Barreira, P. Piloto  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>183:</b> <i>Eficiência da proteção ao fogo de tintas intumescentes com granulado de cortiça</i><br>L. Mesquita, M. Teixeira, P. Piloto, L. Barreira  |



- |                               |                               |   |
|-------------------------------|-------------------------------|---|
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>184:</b> <i>Previsão do comportamento de tecidos cartilagíneos em bioreator em resposta a estímulos mecânicos</i><br>C. Bandeiras, A. Completo, A. Ramos, A. Rufino, M. Ribeiro, J. Pinto Ferreira, A. Mendes            |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>186:</b> <i>Análise experimental da resistência à compressão a altas temperaturas de um betão com chips de PET</i><br>H. Caetano, J. Rodrigues, P. Pimienta  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>187:</b> <i>Estudo da delaminação sob fadiga em modo II de laminados carbono/epóxico</i><br>J.A. Sousa, A. Pereira, A. Morais  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>188:</b> <i>Determinação de relações tensão-abertura de fenda de BRFA através de análise inversa</i><br>N.D. Gouveia, A. Custódio, D. Faria, A. Ramos  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>190:</b> <i>Comportamento à fadiga oligocíclica extrema de aços para pipelines – uma abordagem experimental</i><br>J.C.R. Pereira, A. Jesus, A. Fernandes, J. Xavier   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>191:</b> <i>Avaliação da eficiência fotodinâmica de extratos de uma planta do cerrado brasileiro para utilização em terapia fotodinâmica</i><br>C. Nunes de Melo, R. Cruz, R. Pietra, B. Soares, M. Ferreira, M. Pinotti |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>196:</b> <i>Vulnerabilidade de sistemas de revestimento exterior de coberturas</i><br>J. T. Pinto, S. Pereira, A. Briga-Sá, J. Vieira, A. Borges, H. Varum   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>197:</b> <i>Desenvolvimento e ensaios experimentais de módulos energéticos para revestimento de edifícios</i><br>R. Oliveira, R. Coelho, A. Torres Marques, J.A.O. Simões, C. Torres                                     |



[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**198:** *Método da Aproximação Local no estudo de vida à fadiga de um componente ferroviário*  
T. Morgado

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**199:** *Validação do modelo numérico da ligação tipo T-stub sujeita a acções de impacto*  
J. Ribeiro, C. Rigueiro, A. Santiago

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**200:** *Métodos experimentais usados na determinação das propriedades mecânicas de betões a altas temperaturas*  
C. Santos, J. P. Rodrigues, H. Caetano

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**202:** *Bond performance in NSM-strengthened masonry brick*  
H. Maljaee, B. Ghiassi, P. Lourenço, D. Oliveira

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**204:** *Caraterização do comportamento ao corte de alvenaria de blocos de terra compactada com junta seca*  
R.A. Silva , D. V. Oliveira, T. Miranda, E. Soares, N. Cristelo, P. Lourenço

[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**206:** *Monitorização térmica do processo de moldação por injeção plástica com redes de Bragg em fibra ótica*  
N. Alberto, R. Nogueira, V. Neto

[RESUMO](#)

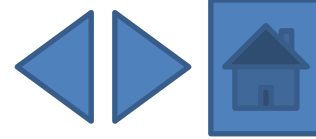
[ARTIGO](#)

**207:** *Análise da integridade de juntas de cimento-cola em mosaicos decorativos de fachadas*  
F. Queirós de Melo, L. Silva, C. Lopes

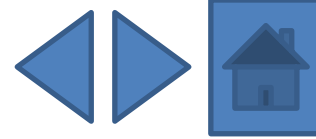
[RESUMO](#)

[ARTIGO](#)

**209:** *Investigação experimental de catalisadores de três vias para veículos automóveis*  
H. Santos, M. Costa



- |                               |                               |  |
|-------------------------------|-------------------------------|--|
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>210:</b> <i>The influence of moisture content and gaps on the withdrawal resistance of self tapping screws in CLT</i><br>C. Silva, A. Ringhofer, J. Branco, P. Lourenço, G. Schickhofer |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>212:</b> <i>Comparação entre duas técnicas ópticas emergentes na IND de estruturas compósitas - interferometria laser e termografia</i><br>J. Monteiro, H. Lopes, M. Vaz                |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>213:</b> <i>Biomechanical analysis of metaphyseal sleeves used for tibial bone</i><br>A. Chan, A. Completo, J. Gamelas, J. Folgado, P. Fernandes  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>214:</b> <i>Controlo de vibrações em comportas de borracha insufláveis com largura de ancoramento variável</i><br>J. Amorim, J. Dias Rodrigues  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>216:</b> <i>Análise vibroacústica de placas com tratamentos parciais de amortecimento usando uma teoria layerwise e o método de Rayleigh-Ritz</i><br>J. Amorim, J. Dias Rodrigues       |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>218:</b> <i>Experimental evaluation of the stiffness of the sheep cervical vertebrae</i><br>A. C. Pires, F. Vaz, J. Folgado, P. Fernandes   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>219:</b> <i>Análise do comportamento cíclico de pilares de pontes reforçados com bandas de CFRP</i><br>P. Delgado, F. Sousa, P. Rocha, A. Arêde, N. Vila Pouca, A. Costa, R. Delgado    |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>221:</b> <i>Estudo das vibrações induzidas no sistema mão - braço de atletas de Basquetebol</i><br>P. Santos, A. Amaro, L. Roseiro, M. Neto, C. Alcobia                                 |



- |                               |                               |   |
|-------------------------------|-------------------------------|---|
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>222:</b> <i>Vibrações induzidas no sistema braço-mão na manipulação de uma roçadora de mato</i><br>L. Roseiro, V. Maranhã, C. Alcobia, A. Amaro, M. Neto                             |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>223:</b> <i>Lock-in thermography online</i><br>A. Silva, M. Vaz P. Moreira e J. Gabriel  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>225:</b> <i>Caracterização do comportamento cíclico de vigas de betão armado fendilhadas, com sensores de Bragg</i><br>C. Sousa, C. Rodrigues, J. Malveiro, R. Calçada, A. Neves     |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>226:</b> <i>Development of a simplified model for joints in steel structures</i><br>F. Gentili, R. Costa, L. S. Silva  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>230:</b> <i>Pilares mistos com placas de base abertas solicitados à flexo-compressão</i><br>R. Neuenschwander, E. Carrasco, F. Rodrigues, R. Fakury                                  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>238:</b> <i>Fadiga em pavimentos rodoviários flexíveis: uma abordagem experimental</i><br>A. Costa, A. Benta   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>239:</b> <i>Avaliação experimental e numérica da resistência de vigas com secções em <math>\Omega</math> enformadas a frio furadas</i><br>N. Lopes, P. Vila Real, A. Reis, F. Arrais |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>241:</b> <i>Caracterização do comportamento mecânico de uma vertebra lombar; com e sem cimentação</i><br>C. Carneiro, M. Vaz, N. Neves, C. Ribeiro                                   |



- |                               |                               |   |
|-------------------------------|-------------------------------|---|
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>242:</b> <i>Análise experimental de tensões geradas por aperto de parafusos através de fotoelasticidade</i><br>A.P. Salazar, F. Brites   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>243:</b> <i>Verificação da resistência de um perfil laminado com concentrador de tensões</i><br>F. Brites, I. Barbosa  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>244:</b> <i>Análise por molhabilidade e AFM da superfície de Ti6Al4V submetido à texturização mecânica</i><br>F. Brites, I. Barbosa, L. Santos   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>245:</b> <i>Desenvolvimento de um método de ensaio para avaliação experimental in-situ do comportamento fora do plano de paredes de alvenaria</i><br>A. Costa, A. Arêde, A.A. Costa, T. Ferreira, A. Gomes, H. Varum |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>246:</b> <i>Comportamento de lajes de betão armado reforçadas à flexão usando a técnica NSM com laminados de CFRP pré-tensionados</i><br>S.J. Dias, M. Hosseini, J. Barros   |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>247:</b> <i>Caracterização experimental do comportamento de aderência de varões compósitos têxteis</i><br>A. Martins, G. Vasconcelos, R. Frangueiro, F. Cunha  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>248:</b> <i>Caracterização experimental de pilares de betão armado reforçados e reparados sujeitos à flexão biaxial</i><br>H. Rodrigues, A. Arêde, A. Furtado, P. Rocha  |
| <a href="#"><u>RESUMO</u></a> | <a href="#"><u>ARTIGO</u></a> | <b>249:</b> <i>Caracterização experimental do comportamento para fora do plano das paredes de alvenaria de enchimento</i><br>A. Furtado, H. Rodrigues, A. Arêde   |



A B C D E **F** G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Fakury, R.H. 230  
Faria, D.M. 153 | 188  
Faria, R. 158  
Feio, A. 172  
Fernandes, A. 120 | 167 | 190  
Fernandes, M. 134 | 135  
Fernandes, H. 153  
Fernandes, P. 213 | 218  
Ferreira, D. 104 | 177  
Ferreira, C.D. 113  
Ferreira, C. 156  
Ferreira, J.G. 179  
Ferreira, L. 180

Ferreira, J.P. 184  
Ferreira, M. 191  
Ferreira, T. 245  
Folgado, J. 213 | 218  
Fonseca, E. 104 | 114 | 115 | 117 | 125 | 134 | 135 | 177  
Fonseca, M. 180 | 181  
Frade, M. 178  
Frangueiro, R. 247  
Freire, A. 128  
Freitas, M. 154  
Furtado, A. 248 | 249

## **AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA NA BROCA E NO OSSO NA FURAÇÃO, MÉTODOS EXPERIMENTAL E CLÍNICO**

### **TEMPERATURE ASSESSMENT ON THE DRILL BIT AND THE BONE, CLINICAL AND EXPERIMENTAL METHODS**

Sampaio, C.S.T.<sup>1</sup>; Fonseca, E.M.M.<sup>2</sup>; Cerqueira, R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tecnologia Biomédica, Instituto Politécnico de Bragança

<sup>2</sup> Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, Instituto Politécnico de Bragança

<sup>3</sup> Rui Cerqueira Médico-Dentista



#### *RESUMO*

*Este trabalho tem como objetivo avaliar a temperatura gerada no tecido ósseo durante a furação. Foram realizadas visitas a uma clínica para acompanhamento da técnica de implantologia dentária e recolha de imagens termográficas para a leitura da temperatura gerada na broca durante o processo de furação. Simultaneamente foi adotado um procedimento experimental, em quatro blocos de Sawbones com propriedades similares às do osso cortical e trabecular, e diferentes densidades. Os resultados obtidos permitem concluir que um material mais denso atinge maiores valores de temperatura durante um processo de furação, ou seja, a densidade do osso é diretamente proporcional à temperatura. Em relação às temperaturas verificadas na broca, o maior aquecimento é registado na furação de ossos mais densos. Na prática clínica os valores médios de temperatura da broca são inferiores aos realizados na experiência laboratorial, pois o processo ocorre com irrigação de fluidos.*

#### *ABSTRACT*

*This work aims to evaluate the generated temperature in bone tissue during a drilling process. Different clinic visits were carried out to follow-up a dental implantology and collected thermographic images for reading the temperature generated during the drilling. Simultaneously an experimental procedure was adopted with the acquisition of four blocks of Sawbones with similar properties to the trabecular and cortical bone and different densities. The obtained results allow to conclude that a denser material reaches highest values of temperature during a drilling process, namely, bone density is directly proportional to the temperature. In relation to temperatures recorded in the drill, the largest heating is recorded in drilling of denser bones. At the clinic, the average values of temperature are lesser when compared to the drill conducted in laboratory, because the process occurs with fluids irrigation.*



## 1- INTRODUÇÃO

A ciência e a tecnologia aplicadas à saúde têm por objetivo melhorar a qualidade de vida dos seres humanos. Na colocação de implantes dentários as principais variáveis que interferem no processo de furação do osso são: a velocidade, o material, o diâmetro, o comprimento e a geometria da ponta da broca (Fonseca et al. 2014; Fonseca et al. 2013; Monteiro et al. 2013). Há vários estudos de investigação sobre a forma de evitar efeitos nefastos na estrutura óssea do paciente.

A pesquisa de Hillery apoiou as conclusões anteriores de Lundskog destacando que a necrose pode ser induzida se o osso for exposto mais de 30s a temperaturas superiores a 50°C (Hillery *et al.* 1999). Em geral, a literatura indica que se a temperatura sobe acima de 55°C, num período superior a 1,5 minutos, serão necessárias várias semanas para que um novo processo de regeneração óssea ocorra (Sousa 2009).

No processo de furação coloca-se a questão da necessidade, ou não, de processos de irrigação. Augustin et al. (Augustin 2008), em 2008, estudaram a osteonecrose térmica e os parâmetros da furação do osso. O seu estudo tinha como objetivo avaliar a influência dos diferentes parâmetros de furação com o aumento da temperatura do osso. Com este estudo foi possível averiguar que na utilização de irrigação externa foram obtidas temperaturas mais baixas, não atingido a temperatura crítica ( $T > 55^{\circ}\text{C}$ ). Sem irrigação externa, a temperatura para a mesma combinação de parâmetros variou entre 31,4-55,5°C. Quando foi utilizada a broca com um diâmetro de 4.5mm e com velocidades mais elevadas foram registadas temperaturas acima do valor crítico. Quanto maior for a velocidade de avanço menor o aumento da temperatura no osso. Assim, foi-lhes possível concluir que a irrigação externa é o fator mais importante de arrefecimento. O aumento no diâmetro e na velocidade da broca provocaram um aumento na temperatura

do osso. Segundo Salgueiredo et al. (Salgueiredo 2009), o uso de processos de irrigação podem levar a uma diminuição da temperatura no osso até 4°C.

Este trabalho tem como objetivo avaliar as temperaturas desenvolvidas em tecidos ósseos devido a processos de furação, e a ocorrência ou não de necrose térmica. Foi efetuado o acompanhamento de pacientes durante a colocação de implantes dentários, para a recolha de imagens termográficas. Foram também utilizados métodos experimentais em laboratório com base na termografia e utilização de termopares durante o processo de furação em materiais ósseos diferentes.

## 2- MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - Componente Clínica

Os profissionais de saúde dentária que realizam o processo de furação para a colocação de um implante dentário seguem um protocolo na utilização das brocas necessárias. Essas brocas têm um comprimento e diâmetros específicos dependendo do diâmetro e comprimento do implante.

O procedimento utilizado na clínica que colaborou neste estudo segue a seguinte orientação: primeiro é efetuada uma marcação do ponto da perfuração utilizando-se uma broca designada por lança; seguidamente são realizadas algumas perfurações com brocas helicoidais com diferentes diâmetros, dependendo da área da mandíbula/maxila de cada paciente; após a realização do furo é colocado o implante. A velocidade de rotação é de 800 rpm e o local da mandíbula/maxila com furação é irrigado com soro fisiológico à temperatura ambiente.

Durante o estudo clínico foi utilizada uma câmara termográfica para medição da temperatura na broca durante a furação. A Fig. 1 representa um exemplo dessas imagens.

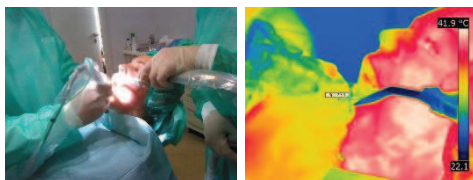


Fig. 1 – Clínica dentária e termografia.

Na Tabela 1 estão representadas as temperaturas obtidas na broca durante o acompanhamento a três pacientes.

Tabela 1: Valores da temperatura da broca em °C.

Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3
29,7	28,5	30,9
29,8	30,0	30,7
32,4	30,1	33,0
30,7	29,4	31,2
	30,3	30,0
	31,1	32,5
	31,0	30,4
		32,3
		30,2
		30,7
		31,5

Analisando a Tabela 1 verifica-se que a temperatura na broca nunca foi superior a 33,0°C. Considerando que a temperatura gerada no osso não é superior à temperatura na broca, conclui-se que em nenhum caso ocorreu necrose térmica.

## 2.2 - Componente Experimental

Neste estudo e para a componente experimental em laboratório foram utilizados quatro blocos da Sawbones; um computador, um sistema de aquisição de dados MGC Plus, termopares tipo K, uma câmara de filmar, uma câmara termográfica e uma máquina CNC, programada para a furação dos blocos. As brocas utilizadas pela CNC possuem um ângulo de 118°, uma vez que na literatura é afirmado que as temperaturas mais baixas são geradas por brocas com este valor (Basiaga et al. 2011). Os quatro blocos da Sawbones possuem propriedades similares às do osso (cortical C ou trabecular T) com diferentes densidades (+D e -D), Fig. 2.

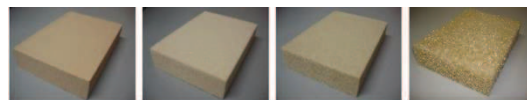


Fig. 2 – Blocos da Sawbones (C+D,C-D,T+D,T-D).

Relativamente às densidades dos materiais, o cortical mais denso possui 800 kg/m<sup>3</sup> e o menos denso 80 kg/m<sup>3</sup>. Quanto ao trabecular, o mais denso possui uma densidade de 320 kg/m<sup>3</sup> e o menos denso 120 kg/m<sup>3</sup>.

Foi elaborado um desenho CAD em SolidWorks, com todas as indicações a serem utilizadas durante o processo de furação na máquina CNC, Fig. 3. Em cada bloco, (Lado B) são efetuadas 5 furações mas para diferentes passagens de brocas. Na Fig. 3 apresenta-se um desenho esquemático dos lados dos blocos (Lado B) onde a, b e c representam os furos laterais para a colocação de termopares e f1, f2, f3, f4 e f5 representam a ordem da furação durante o processo.

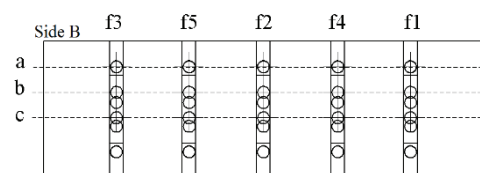


Fig. 3 – Esquema dos lados dos blocos.

A câmara termográfica possibilitará analisar a temperatura da broca durante o processo de furação e os termopares registrarão os valores da temperatura nos diferentes materiais e em diferentes posições. Nas figuras seguintes é possível visualizar as imagens das furações e termográficas.

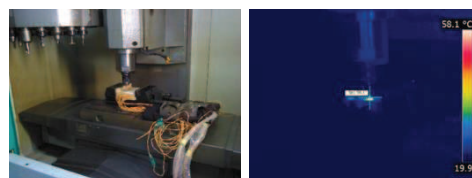


Fig. 4 – Furação no material C+D e termografia.

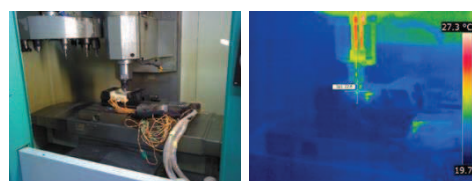


Fig. 5 – Furação no material C-D e termografia.

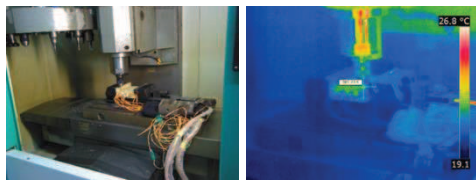


Fig. 6 – Furação no material T+D e termografia.

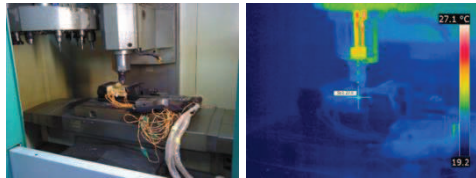


Fig. 7 – Furação no material T-D e termografia.

## 2.2.1 Análise da temperatura na broca

Com a utilização da câmara termográfica foram registados os valores da temperatura nas brocas à superfície, após a furação, na saída do bloco.

Na Tabela 2, encontram-se o número de amostras, a média e o desvio-padrão dos valores das temperaturas nas diferentes brocas obtidas durante a furação dos diferentes materiais.

Tabela 2: Temperaturas das brocas nas três fases de furação (Lado B), função de (N),  $M \pm DP$ .

Material	Diâmetro da Broca (mm)		
	$\phi 2$	$\phi 3$	$\phi 4$
	(5)	(5)	(5)
C+D	45,34 $\pm$ 2,18	43,56 $\pm$ 2,71	56,52 $\pm$ 2,32
	(5)	(5)	(5)
C-D	22,44 $\pm$ 0,19	22,58 $\pm$ 0,51	23,24 $\pm$ 0,77
	(5)	(5)	(5)
T+D	25,52 $\pm$ 1,24	26,10 $\pm$ 1,35	28,00 $\pm$ 1,62
	(5)	(5)	(5)
T-D	23,20 $\pm$ 0,65	23,34 $\pm$ 0,98	24,96 $\pm$ 1,10

Nota: N=nº de amostras; M=Média; DP=Desvio-Padrão.

Analisando os valores da média verifica-se que para o material “C+D” a temperatura mais elevada registou-se na utilização da broca com um diâmetro de 4mm, seguindo-se a de 2mm e por último a broca com 3mm. Quanto ao material C-D a broca com um diâmetro de 4mm obteve novamente a temperatura mais alta, contudo a broca com 3mm registou uma temperatura ligeiramente superior à broca com um diâmetro de 2mm. Relativamente

ao material T+D, o comportamento foi semelhante ao C-D mas com valores superiores, ou seja, a broca com 4mm obteve uma temperatura superior à broca com 3mm e esta temperatura superior à broca de 2mm. O material T-D também obteve um comportamento similar ao material C-D embora com temperaturas ligeiramente superiores, a broca com 4mm registou a temperatura mais elevada seguindo-se a broca de 3mm e posteriormente a de 2mm.

De uma forma geral, é possível afirmar que a temperatura mais elevada regista-se quando se utiliza uma broca com 4mm.

Observando a Tabela 2 pode-se verificar que quanto mais denso é o material maiores são os valores da temperatura nas brocas. Num material mais denso o esforço durante a furação é superior comparativamente a um material menos denso. Quanto à estrutura do material, esta também está relacionada com a produção ou não de apara, sendo que no caso em questão o material mais denso não possui cavidades pelo que existe maior quantidade de apara em comparação aos materiais trabeculares.

Relativamente ao desvio-padrão, verifica-se que este possui valores mais elevados no material C+D. Observa-se também que comparando os diferentes materiais em relação ao diâmetro da broca os valores do desvio-padrão variam em concordância com a densidade, sendo que possui valores superiores no material “C+D” seguindo-se o material T+D, T-D e por fim o material C-D.

## 2.2.2 Análise da temperatura no osso

A utilização de termopares possibilitou a leitura e o registo da temperatura gerada no material. Conforme o esquema apresentado na Fig. 3, os termopares foram colocados a diferentes distâncias do furo principal. Nas figuras seguintes apresentam-se os resultados obtidos com os termopares considerando o Lado B do bloco que contempla as 3 passagens de furação.

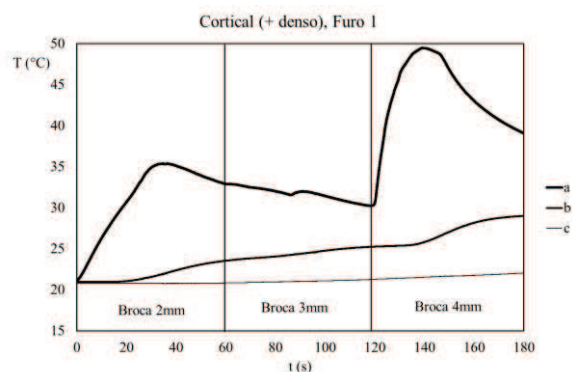


Fig. 8 – Material C+D, Lado B.

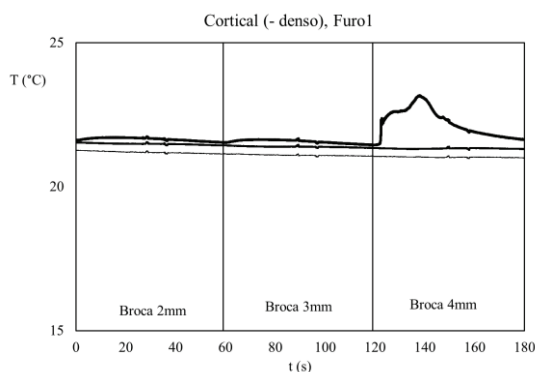


Fig. 9 – Material C-D, Lado B.

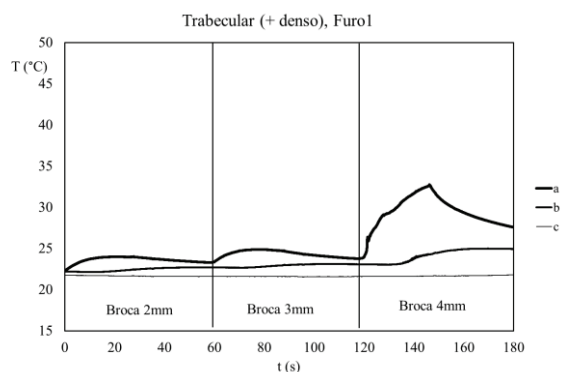


Fig. 10 – Material T+D, Lado B.

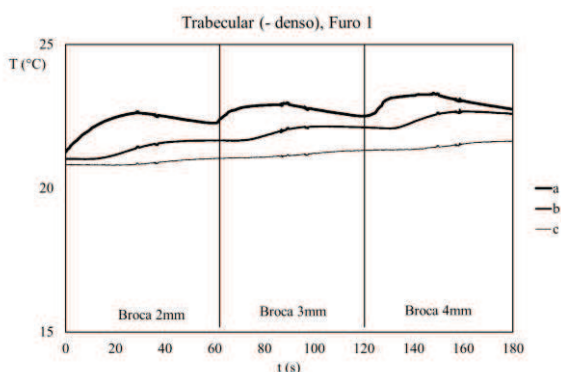


Fig. 11 – Material T-D, Lado B.

Analisando as Fig. 8 a 11 é possível verificar que o material que regista os valores mais elevados de temperatura é o

material C+D, seguindo-se o material T+D, T-D e por último o C-D.

É possível observar que, para o material C+D, a temperatura mais elevada foi registada aquando a utilização da broca de 4 mm, seguindo-se a de 2mm e a de 3mm. Para os restantes materiais as maiores temperaturas foram registadas aquando da utilização da broca de 4mm sendo que nestes casos com a utilização das brocas de 2 e 3mm os valores da temperatura são ligeiramente idênticos. O facto das temperaturas mais elevadas estarem relacionadas com a broca com um maior diâmetro poderá estar relacionado com um aquecimento proporcionado pelas brocas utilizadas anteriormente.

### 2.2.3 Comparação entre os métodos

Para a comparação entre os dois métodos experimentais utilizados foram obtidos gráficos com o comportamento da temperatura, quer na broca quer no osso, para as diferentes densidades dos materiais. Para proceder ao registo da temperatura na broca foram considerados os valores à saída da broca que foram obtidos com a câmara termográfica. Relativamente à temperatura no osso esta foi obtida com os termopares, efetuando-se a média das temperaturas das posições a, b e c, sendo que a distância máxima é de 5,5 mm (Fig. 3).

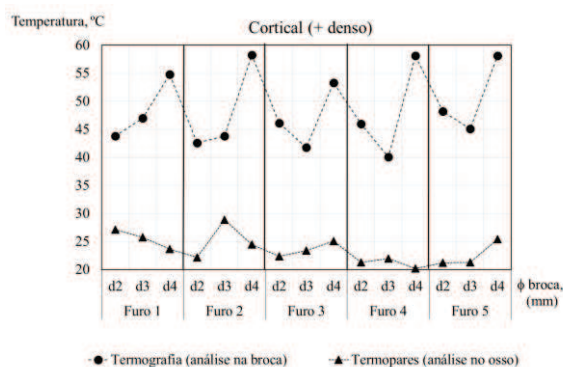


Fig. 12 – Comparação dos métodos para o material C+D.



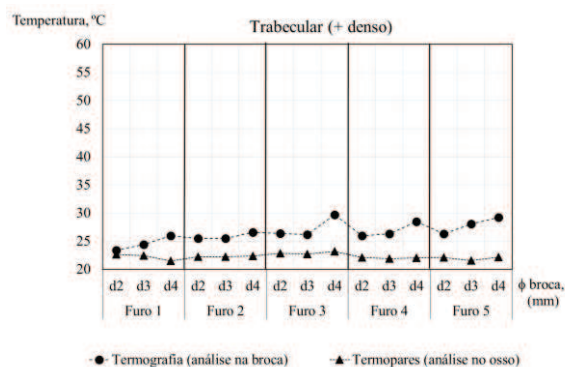


Fig. 13 – Comparação dos métodos para o material T+D.

Analisando os gráficos referentes aos materiais com maiores densidades, Fig. 12 e Fig. 13, C+D e T+D, com densidades de 800 e 320 kg/m<sup>3</sup> respetivamente, verifica-se que possuem um comportamento idêntico. Contudo no cortical mais denso foram registadas temperaturas superiores comparativamente ao trabecular mais denso.

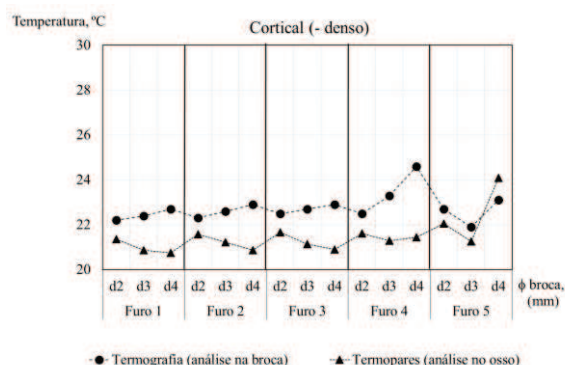


Fig. 14 – Comparação dos métodos para o material C-D.

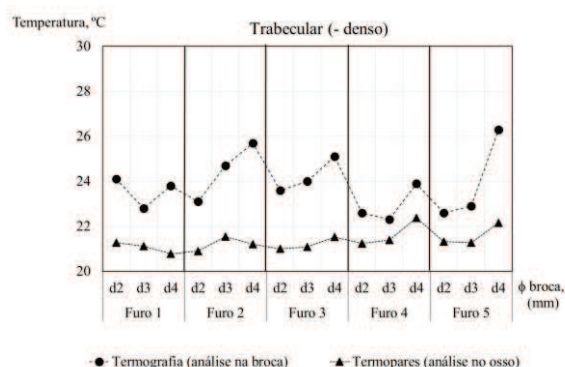


Fig. 15 – Comparação dos métodos para o material T-D.

Relativamente aos materiais com menor densidade, Fig. 14 e Fig. 15, também se verifica um comportamento

semelhante. O C-D possui uma densidade de 80 kg/m<sup>3</sup> enquanto o T-D tem uma densidade de 120 kg/m<sup>3</sup>.

Analisando as Fig. 12 a 15 verifica-se que a temperatura na broca é quase sempre superior à temperatura no material ósseo. Apenas no caso do material C-D, furo 5 com um diâmetro de 4mm é que tal facto não acontece, provavelmente porque houve erro na leitura dos termopares.

### 3- CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na clínica dentária mostram que com o uso de irrigação e a combinação de diferentes parâmetros de furação, não ocorreu necrose térmica uma vez que a temperatura não excedeu os 33°C.

Atendendo à componente experimental é possível concluir que a temperatura na broca aumenta consoante a densidade e a estrutura do material, ou seja, se o material for mais denso a temperatura na broca é mais elevada do que no material menos denso. Se o material possuir cavidades na sua estrutura a temperatura na broca não é tão alta como no material compacto. Relativamente à avaliação da temperatura no material conclui-se que o material C+D possui os maiores valores de temperatura, seguindo-se o material T+D, T-D e por último o C-D.

Comparando os dois métodos utilizados é possível observar que a temperatura na broca é sempre superior à temperatura no material desprezando o erro na leitura dos termopares no material C-D.

Analisando a temperatura das brocas nos casos obtidos na clínica dentária é possível verificar que a temperatura média da broca possui o valor de 30.64°C. O osso é constituído pela parte cortical e trabecular, assim sendo fazendo a média dos valores médios da temperatura nos materiais cortical e trabecular mais densos obtém-se o valor de 37.51°C na componente experimental. Assim, conclui-se que há uma diferença de aproximadamente 7°C entre os valores obtidos na clínica e na componente

experimental. Esta diferença deve-se ao facto de na clínica serem utilizados processos de irrigação.

Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia.

Atendendo aos dados fornecidos pela câmara termográfica e ao tratamento dos resultados obtidos com os termopares pode-se concluir que em nenhum material ocorreu necrose térmica, uma vez que a temperatura no material nunca foi superior a 50°C.

#### 4- REFERÊNCIAS

- Augustin, G. et al. 2007. Thermal osteonecrosis and bone drilling parameters revisited, Springer.
- Basiaga, M., Paszenda, Z., Szweczenko, J. e Kaczmarek, M. 2011. Numerical and experimental analyses of drills used in osteosynthesis, Acta of Bioengineering and Biomechanics, vol. 13.
- Fonseca, E., Magalhães, K., Fernandes, M., Barbosa, M., Sousa, G. 2014. Numerical Model of Thermal Necrosis due a Dental Drilling Process, In Natal Jorge et al (Eds), Biodental Engineering II, Taylor & Francis Group: 69-73.
- Fonseca, E.M.M., Magalhães, K., Fernandes, M.G., Sousa, G., Barbosa, M.P. 2013. The Assessment of the Thermal Necrosis due a Drilling Dental Process With or Without Irrigation, IEEE 3rd Portuguese Meeting in Bioengineering (ENBENG): 157-159.
- Hillery, M.T. et al. 1999. Temperature effects in the drilling of human and bovine bone, Journal of Materials Processing Technology, p. 302-308.
- Monteiro, D.C.A., Fonseca, E.M.M, Barreira, L.M.S., Magalhães, K., 2013. Metodologia para Determinação da Necrose Térmica por Furação num Modelo 3D de uma Mandíbula Humana. In Renato Natal et al (Eds), Actas do 5º Congresso Nacional de Biomecânica: 217-221.
- Salgueiredo, E. et al. 2009. CVD micro/nanocrystalline diamond (MCD/NCD) bilayer coated odontological drill bits, Diamond and Related Materials, p. 264-270.
- Sousa, P.F.B.D. 2009. Estudos de processos térmicos decorrentes da usinagem: aplicação de problemas inversos em furação, Tese de Doutoramento em